

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-186330

(43)Date of publication of application : 14.07.1998

(51)Int.Cl.

G02F 1/1333

G02F 1/1337

(21)Application number : 08-341590

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 20.12.1996

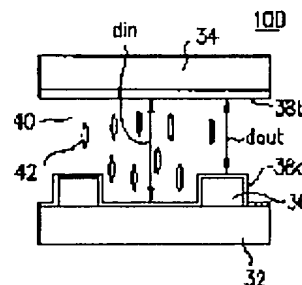
(72)Inventor : YAMADA NOBUAKI  
SHIMOSHIKIRIYOU BUNICHI  
KUME YASUHITO  
KANZAKI SHUICHI  
ADACHI TAKAKO

## (54) LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE AND PRODUCTION THEREOF

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a liquid crystal display device having high contrast, which is excellent in a visual field characteristics, by providing a liquid crystal area where liquid crystal molecules are oriented in the vertical direction at the time of voltage non-impression and they are axially symmetrically oriented for every pixel at the time of voltage impression.

SOLUTION: A liquid crystal layer 40 consisting of liquid crystal molecules 42 whose dielectric anisotropies ( $\Delta\epsilon$ ) are negative (n type) is held between one pair of substrates 32, 34. Then, at the time of voltage non-impression, the liquid crystal molecules 42 are oriented in a direction vertical to the substrates by the orientation regulating force of a vertically oriented layer. When the pixel area at the time of the voltage non-impression is observed with the polarized microscope of a crossed Nicols state, the area presents a dark visual field. Moreover, when a voltage is impressed on the liquid crystal layer, since a force orienting major axes of liquid crystal molecules vertically with respect to the direction of an electric field is exerted on the liquid crystal molecules 42 having the negative dielectric anisotropies, the molecules are inclined



from the direction vertical to the substrates. When the pixel area being in this state is observed with the microscope of the crossed Nicols state, a quenching pattern is observed in a direction along the axis of polarization.

---

#### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 28.01.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3395877

[Date of registration] 07.02.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-186330

(43) 公開日 平成10年(1998) 7月14日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 F 1/1333  
1/1337

識別記号

F I

G 0 2 F 1/1333  
1/1337

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平8-341590

(22) 出願日 平成8年(1996)12月20日

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 山田 信明

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

(72) 発明者 下敷領 文一

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

(72) 発明者 久米 康仁

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

(74) 代理人 弁理士 山本 秀策

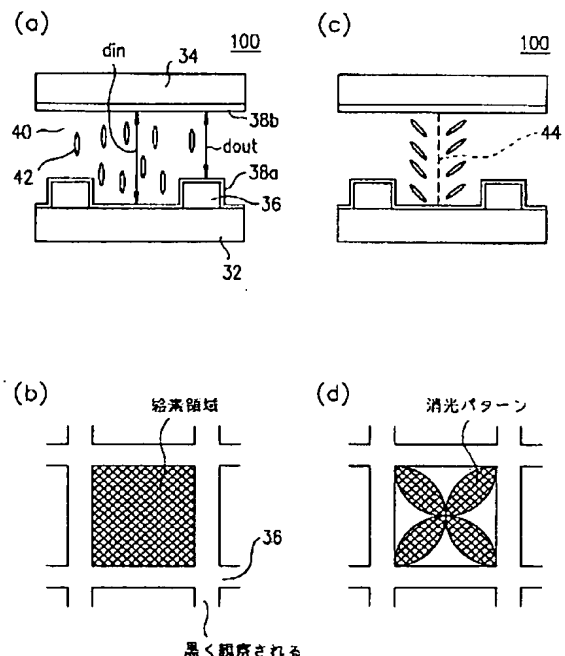
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液晶表示装置及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 絵素領域毎に液晶分子が軸対称配向した液晶領域を有する、視角特性の優れた高コントラストの液晶表示装置及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 液晶分子は負の誘電異方性を有し、電圧無印加時には、該液晶分子が一对の基板に対して垂直に配向し、電圧印加時には、該液晶分子が複数の絵素領域毎に軸対称状に配向する液晶表示装置を提供する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 一対の基板と、該一対の基板に挟持された液晶層とを有し、該液晶層の液晶分子は負の誘電異方性を有し、電圧無印加時には、該液晶分子が該一対の基板に対して垂直に配向し、電圧印加時には、該液晶分子が複数の絵素領域毎に軸対称状に配向する液晶表示装置。

【請求項 2】 前記液晶層の該絵素領域内の厚さ ( $d_{in}$ ) が、該絵素領域外の該液晶層の厚さ ( $d_{out}$ ) より大きく、

前記一対の基板の少なくとも一方の基板の該液晶層側の表面の該絵素領域に対応する領域に垂直配向層を有する請求項 1 に記載の液晶表示装置。

【請求項 3】 前記一対の基板の少なくとも一方の基板は、前記液晶側の表面に、前記絵素領域を包囲する凸部を有している請求項 2 に記載の液晶表示装置。

【請求項 4】 前記絵素領域内の前記液晶層の厚さは、該絵素領域の中央部で最も厚く、該絵素領域の周辺部へ向かって、連続的に減少する請求項 1 から 3 のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項 5】 前記絵素領域内の前記液晶層の厚さは、該絵素領域の中央部を中心に軸対称状に変化している請求項 4 に記載の液晶表示装置。

【請求項 6】 前記絵素領域の中央部にさらに突起部を有し、電圧印加時に前記液晶分子は該凸部を中心に軸対称状に配向する請求項 1 から 5 のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項 7】 前記液晶分子  $\Delta n$  と前記液晶層の平均厚さ  $d$  との積  $d \cdot \Delta n$  (リタデーション) が、300~500 nm の範囲にある請求項 1 から 6 のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項 8】 前記液晶層のツイスト角は、45~110° の範囲にある請求項 1 から 7 のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項 9】 前記液晶層の両側にクロスニコル状態に配置された一対の偏光板を有し、該一対の偏光板の少なくとも一方の偏光板に、面内屈折率  $n_x, y >$  面に垂直方向の屈折率  $n_z$  の関係を有する位相差板を備える請求項 1 から 8 のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項 10】 前記液晶層に接する表面に、前記液晶分子に軸対称状のプレチルト角を与える軸対称配向固定層を更に有する請求項 1 から 9 のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項 11】 前記軸対称配向固定層は、光硬化性樹脂からなる請求項 10 に記載の液晶表示装置。

【請求項 12】 一対の基板に垂直配向層を形成する工程と、  
該一対の基板の該垂直配向層の間に、負の誘電異方性を有する液晶材料と光硬化性樹脂の混合物を配置する工程と、

該混合物に、該液晶材料の閾値電圧よりも高い電圧を印加しながら、該光硬化性樹脂を硬化させ、該液晶分子を軸対称状にプレチルトさせる軸対称配向固定層を形成する工程と、を包含する液晶表示装置の製造方法。

【請求項 13】 前記一対の基板に垂直配向層を形成する工程の前に、該一対の基板の少なくとも一方の基板の表面に絵素領域を包囲する凸部を形成する工程をさらに包含する請求項 12 に記載の液晶表示装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 10 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、液晶表示装置およびその駆動方法に関する。特に、パーソナルコンピュータ、ワープロ、アミューズメント機器、テレビジョン装置などの平面ディスプレイやシャッタ効果を利用した表示板、窓、扉、壁などに好適に用いられる広視野角特性を有する液晶表示装置およびその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 特開昭 63-106624 号公報は、広視野角特性を有しコントラストの良好な表示を得ることが可能な液晶表示装置として、図 1 に示されている液晶表示装置を開示している。図 2 は、図 1 の E-E' 線に沿った部分断面図である。

【0003】 液晶表示装置の一方のガラス基板 22 上には、絵素単位に設けられた絵素電極 (透明電極) 20、配向膜 10 と、絵素電極 20 を駆動する薄膜トランジスタ 13 とが形成されている。他方のガラス基板 21 上には対向電極 (透明電極) 19、配向膜 9 が形成されている。配向膜 9 及び 10 は、ポリイミドで形成されている。対向する透明電極 19 と 20 で規定される絵素 B は、例えば縦横 200  $\mu m$  の正方形であり、マトリックス状に複数配列されている。この絵素 B を形成する絵素電極 23 の中央部に、ポリイミドからなる帯状スペーサ 23 が設けられている。この結果、各絵素 B は、帯状スペーサ 23 によって、領域 I と II に分割される。

【0004】 この分割された領域 I と II は、模式的に図 3 に示すように形成される。ガラス基板 21 と対向する他方のガラス基板 22 にそれぞれ図 3 に示す矢印方向にラビング処理する。従来、領域 I に配向規制力を与える場合、領域 II をレジストにて覆いラビング処理を施し、領域 II に配向規制力を与える場合も同様に領域 I をレジストにて覆いラビング処理を施していた。

【0005】 この従来例では、分割された各々の領域での液晶配向は螺旋型の捻れの向きは同じであるが基板表面に対する角度が異なっている。基板表面に対する角度の違いにより、電圧印加時には液晶分子の立ち上がる方向が異なるため、光が基板に対する鉛直方向から傾いた斜め方向より入射する場合に各々の領域が光学特性を補償し合う。その結果、電圧印加時における視角依存性は上下基板間の各絵素内の配向の異なる領域同士で相殺され、視角依存性の少ない光学特性が得られる。特に、中

間調表示時に視角を変化しても階調反転の現象が見られなくなっている。

【0006】また、配向膜上の配向方向を異ならせる手段として、絵素内に傾斜を有する凹凸を形成し、異なった傾斜方向により、プレチルト角を領域毎に変化させ、液晶分子の立ち上がり方向を異ならせ、液晶表示装置の視角特性を改善する方法が、特開平 7-199193 号公報、特開平 7-333612 号公報に開示されている。

【0007】本発明者らは、液晶分子を各絵素ごとに軸対称状に配向させた表示モード (Axially Symmetric Aligned Microcell Mode: ASM モード) を特開平 7-120728 号公報に開示している。この方式は、液晶と光硬化性樹脂の混合物から相分離を利用して液晶分子を軸対称状に配向させる技術であり、電圧印加により、軸対称状に配向した液晶分子が基板に対して垂直に配向する p 型の表示モードである。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の従来の液晶表示装置では、複数に分割された領域の作製方法として、上記に示したように配向膜上にレジストを塗布し、領域毎にラビング処理を行う方法を用いていた。このレジストを使用した方法では、配向膜がレジスト材料、現像液、剥離液等にさらされる。そのため、レジスト剥離後にも、レジストや現像液、剥離液等に含まれていたイオンが配向膜上に残っていた。この残留したイオンは、液晶表示装置の動作時に移動し、液晶材料の電荷保持特性を劣化させ、表示の焼き付きなどの現象を起こし、表示特性に悪影響を及ぼしていた。更に、配向膜とレジスト等の材料の種類の組み合わせによっては、配向膜がダメージを受けて、配向規制力を持たなくなってしまうことがあった。

【0009】また、従来の ASM モードの液晶表示装置においては、誘電率異方性  $\Delta\epsilon$  が正の液晶材料を使用している。この表示モードは、液晶分子が軸対称配向しているので、全て方向において優れた表示特性を有するが、ノーマリーホワイトモードであるために、電圧 ON 時の透過率を低下させ高いコントラストを得る為に、比較的高い電圧が必要である。また、電圧 OFF 時の光り抜けを防止するために BM (ブラックマトリックス) の遮光部の面積を大きく設定しなければならなかった。また、ASM モードは、複雑な温度制御を必要とする相分離工程を使用するので、製造が比較的難しいという問題があった。

【0010】本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、比較的簡単に製造でき、絵素領域毎に液晶分子が軸対称配向した液晶領域を有する、視角特性の優れた高コントラストの液晶表示装置及びその製造方法を提供することを目的としている。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の液晶表示装置は、一対の基板と、該一対の基板に挟持された液晶層とを有し、該液晶層の液晶分子は負の誘電異方性を有し、電圧無印加時には、該液晶分子が該一対の基板に対して垂直に配向し、電圧印加時には、該液晶分子が複数の絵素領域毎に軸対称状に配向し、そのことによって上記目的が達成される。

【0012】前記液晶層の該絵素領域内の厚さ (din) が、該絵素領域外の該液晶層の厚さ (dout) より大きく、前記一対の基板の少なくとも一方の基板の該液晶層側の表面の該絵素領域に対応する領域に垂直配向層を有してもよい。

【0013】前記一対の基板の少なくとも一方の基板は、前記液晶層側の表面に、前記絵素領域を包囲する凸部を有してもよい。

【0014】前記絵素領域内の前記液晶層の厚さは、該絵素領域の中央部で最も厚く、該絵素領域の周辺部へ向かって、連続的に減少することが好ましい。

【0015】前記絵素領域内の前記液晶層の厚さは、該絵素領域の中央部を中心に軸対称状に変化していることが好ましい。

【0016】前記絵素領域の中央部にさらに突起部を有し、電圧印加時に前記液晶分子は該凸部を中心に軸対称状に配向する構成としてもよい。

【0017】前記液晶分子  $\Delta n$  と前記液晶層の平均厚さ  $d$  との積  $d \cdot \Delta n$  (リタデーション) が、300~500 nm の範囲にあることが好ましい。

【0018】前記液晶層のツイスト角は、45~110° の範囲にあることが好ましい。

【0019】前記液晶層の両側にクロスニコル状態に配置された一対の偏光板を有し、該一対の偏光板の少なくとも一方の偏光板に、面内屈折率  $n_x, y$  > 面に垂直方向の屈折率  $n_z$  の関係を有する位相差板を備えることが好ましい。

【0020】前記液晶層に接する表面に、前記液晶分子に軸対称状のプレチルト角を与える軸対称配向固定層を更に有することが好ましい。

【0021】前記軸対称配向固定層は、光硬化性樹脂からなってもよい。

【0022】本発明の液晶表示装置の製造方法は、一対の基板に垂直配向層を形成する工程と、該一対の基板の該垂直配向層の間に、負の誘電異方性を有する液晶材料と光硬化性樹脂の混合物を配置する工程と、該混合物に、該液晶材料の閾値電圧よりも高い電圧を印加しながら、該光硬化性樹脂を硬化させ、該液晶分子を軸対称状にプレチルトさせる軸対称配向固定層を形成する工程とを包含し、そのことによって、上記目的が達成される。

【0023】前記一対の基板に垂直配向層を形成する工程の前に、該一対の基板の少なくとも一方の基板の表面

に絵素領域を包囲する凸部を形成する工程をさらに包含してもよい。

【0024】本発明の液晶表示装置は、垂直配向と軸対称配向との間を電圧によって変化する液晶領域を有するので、優れた視角特性を有する。また、誘電異方性が負の液晶材料を用い、電圧無印加時に垂直配向状態をとるノーマリーブラックモードの表示を行うので、高コントラストの表示を提供することができる。

【0025】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施の形態を説明する。

【0026】（基本動作）図4を参照しながら、本発明の液晶表示装置100の動作原理を説明する。（a）及び（b）は、電圧無印加時の、（c）及び（d）は、電圧印加時の状態を示し、（a）及び（c）は断面図、（b）及び（d）は上面をクロスニコル状態の偏光顕微鏡で観察した結果を示す。

【0027】液晶表示装置100は、一对の基板32と34の間に、誘電異方性（ $\Delta\epsilon$ ）が負（n型）の液晶分子42からなる液晶層40が挟持されている。一对の基板32と34の液晶層40に接する表面には、垂直配向層38a及び38bが形成されている。また、一对の基板32と34の少なくとも一方の液晶層40側の面には、凸部36が形成されている。この凸部36によって、液晶層40は、 $d_{out}$ と $d_{in}$ の2種類の異なる厚さを有する。その結果、後述するように、電圧印加時に軸対称配向を呈する液晶領域が、凸部36によって包囲される領域に規定される。なお、図4において、液晶層40に電圧を印加するために、一对の基板32と34に形成されている電極は省略してある。

【0028】電圧無印加時には、（a）に示すように、液晶分子42は、垂直配向層の配向規制力によって、基板に垂直な方向に配向している。電圧無印加状態の絵素領域をクロスニコル状態の偏光顕微鏡で観察すると、

（b）に示したように、暗視野を呈する（ノーマリーブラックモード）。電圧を印加すると、負の誘電異方性を有する液晶分子42に、液晶分子の長軸を電界の方向に対して垂直に配向させる力が働くので、（c）に示すように、基板に垂直な方向から傾く（中間調表示状態）。この状態の絵素領域をクロスニコル状態の偏光顕微鏡で観察すると、（d）に示すように、偏光軸に沿った方向に消光模様が観察される。

【0029】本発明の液晶表示装置100の電圧透過率曲線を図5に示す。横軸は液晶層に印加される電圧、縦軸は相対透過率を表す。電圧無印加時のノーマリーブラック状態から、電圧を上昇していくと、透過率が徐々に増加する。相対透過率が10%となる電圧を $V_{th}$ （閾値電圧）と呼ぶ。更に電圧を上昇すると、透過率はさらに上昇し飽和に至る。透過率が飽和する電圧を $V_{sat}$ と呼ぶ。液晶層40に印加する電圧が、 $1/2 V_{th}$ から $V_{sat}$

の間にある場合には、透過率は図5に示した動作範囲内を可逆的に変化する。 $1/2 V_{th}$ 付近の電圧を印加した状態において、液晶分子は基板に対してほぼ垂直配向しているが、軸対称配向の中心軸に対する対称性を記憶しており、 $1/2 V_{th}$ を越える電圧を印加すると、可逆的に軸対称配向状態に戻ると、考えられる。しかしながら、印加する電圧が $1/2 V_{th}$ よりも低くなると、液晶分子はほぼ垂直配向状態に戻るため、再度電圧を印加すると、液晶分子が倒れる方向が一意的に決まらないので、軸対称配向の中心軸が複数存在することになり、透過率が安定しない。一旦、 $1/2 V_{th}$ 以上の電圧を印加すると、凸部36で包囲された領域内（絵素領域に対応）で、複数の中心軸が1つになり、図5に示した電圧透過率特性を示す。液晶セル中に、n型の液晶材料を注入した段階は、印加電圧が $1/2 V_{th}$ よりも低い場合と同様の挙動をする。

【0030】したがって、本表示モードは、表示させる初期において軸対称配向を作製させる電圧を印加して軸対称状態を作製し、表示を始めてからは、配向が安定な電圧範囲で使用するにより実用的に使用できるようになる。

【0031】（絵素領域を規定する凸部）本発明の液晶表示装置100は、絵素領域を取り囲むように、凸部36を有している。この凸部36がなく、液晶層40の厚さ（セルギャップ）が均一な場合、液晶ドメイン（連続的に配向した領域：ディスクリネーションラインの発生がない領域）が形成される位置又は大きさを規定されないため、ランダム配向状態になってしまい、中間調表示においてざらついた表示となる。

【0032】凸部36を形成することにより、軸対称配向を呈する液晶領域の位置および大きさが規定される。凸部は、液晶層40の厚さを制御しており、絵素領域間の液晶分子の相互作用を弱めるために形成されている。液晶層40の厚さは、絵素領域周辺の液晶層厚さ（ $d_{out}$ ）が絵素領域内（開口部）の液晶層厚さ（ $d_{in}$ ）より小さく（ $d_{in} > d_{out}$ ）になっており、さらに、 $0.2 \times d_{in} \leq d_{out} \leq 0.8 \times d_{in}$ の関係を満足することが好ましい。すなわち、 $0.2 \times d_{in} > d_{out}$ の場合、この凸部36が絵素領域間の液晶分子の相互作用を弱める効果が十分でなく、絵素領域毎に単一の軸対称配向領域を形成することが困難な場合がある。さらに、 $d_{out} > 0.8 \times d_{in}$ では、液晶セルへの液晶材料の注入が困難になる場合がある。

【0033】なお、「絵素」は、一般に、表示を行う最小単位として定義される。本願明細書において用いられる「絵素領域」という用語は、「絵素」に対応する表示素子の一部の領域を指す。但し、縦横比が大きい絵素（長絵素）の場合、1つの長絵素に対して、複数の絵素領域を形成してもよい。絵素に対応して形成される絵素領域の数は、軸対称配向が安定に形成されうる限り、で

きるだけ少ない方が好ましい。

【0034】（軸対称配向の中心軸の位置の制御）電圧印加時に発生する軸対称配向領域の中心軸の位置は、表示品質に大きな影響を与える。図6を参照しながら、中心軸の位置と表示品質との関係を説明する。図6（a）に示すように、中心軸44が絵素領域の中央に位置していると、セルを傾けて表示面を観察しても、（c）に示すように、全ての絵素領域は同様に見える。一方、

（b）に示すように、中心軸が絵素領域の中央からずれている絵素領域があると、（d）に示すように、中心軸40 ずれた絵素領域は他の絵素領域と異なって見えるために、不均一な（ざらついた）表示となる。この問題は、中間調表示において特に顕著になる。

【0035】絵素領域内の液晶層の厚さ $d_{in}(x)$ を調整することによって、軸対称配向の中心軸の位置を制御することができる。図7に示すように、絵素領域の中央を $x=0$ 、絵素領域の一端を $x=r$ とし、絵素領域の中央での液晶層の厚さ $d_{in}(x=0)$ を最大とし、絵素領域の一端での液晶層の厚さ $d_{in}(x=r)$ が最小となるように、連続的に液晶層の厚さ $d_{in}(x)$ を変化させればよい。 $d_{in}(x)$ の微分係数は $x=0$ から $x=r$ まで常に負であることが好ましく、また、連続していることが好ましい。液晶層の厚さは、視角特性の対称性の観点から、絵素領域の中央に対して、できるだけ対称であることが好ましい。

【0036】また、液晶層の厚さを上述したように制御することによって、軸対称配向が再現性良く形成される。そのメカニズムを図8を参照しながら説明する。図8は、本発明の液晶表示装置の絵素領域を模式的に示した断面図である。

【0037】一方の基板32の表面の絵素領域には、表示電極52が形成されており、その上を覆って、垂直配向層58aが形成されている。垂直配向層58aは、液晶層40の厚さ $d_{in}$ が図7に示したように変化するような断面形状を有している。垂直配向層58aの厚さ（ $d_f$ ）の位置（ $x$ ）に対する変化は、液晶層40の厚さの

変化と逆になるので、垂直配向層58aの厚さ $d_f$ （ $x$ ）の微分係数は正であることが好ましい。他方の基板34の液晶層40側の表面には、対向電極54が形成されており、その上を覆って、垂直配向層58bが形成されている。垂直配向層58bは平坦な断面を有している。

【0038】垂直配向層58aの近傍に存在する液晶分子42は、垂直配向層58aの表面に対して垂直に配向するので、基板面に対して傾いている。従って、電極52と54との間に電圧を印加すると、電場の方向（ $E$ ）に対して、液晶分子の長軸は傾いた状態にある。その結果、液晶分子42は、電場 $E$ によってそれぞれ図中の矢印で示される方向にのみ倒される。基板面の法線方向に対する液晶分子の傾き角 $\theta'$ は、 $0 < \theta' \leq 3^\circ$ が好ま

しい。 $\theta'$ が $3^\circ$ を越えると、液晶分子による位相差が発生し、光抜けが起こり、コントラスト比の低下を招くので、好ましくない。

【0039】このように、垂直配向層の断面形状（厚さ）を変化させ、図7を用いて説明したように液晶層40の厚さを変化させることによって、軸対称配向の中心軸の位置を制御できるとともに、軸対称配向を再現性良く形成することが可能となる。

【0040】上記の例では、垂直配向層58aの断面形状によって、液晶層40の厚さを制御したが、これに限られない。例えば、図8（b）に示すように、垂直配向層58aの下部（基板側）に、所望の形状を有する固体誘電体層59を別途形成し、その上に平坦な断面形状を有する垂直配向層58aを形成してもよい。固体誘電体層59としては、一般的に用いられているオーバーコート剤、具体的にはエポキシ系コート剤やエポキシアクリレート系コート剤等を用いることができる。

【0041】固体誘電体層59を用いて液晶層40の厚さを制御する場合、固体誘電体層59は表示電極52上に形成することが好ましい。図8（c）のように、所望の断面形状を有する固体誘電体層59の上に表示電極52を形成すると、電界 $E$ の方向が基板面に対して傾斜するので、液晶分子42が倒される方向が一義的に決まらず、好ましくない。

【0042】（液晶材料）本発明で用いられる液晶材料は、負の誘電率異方性（ $\Delta\epsilon < 0$ ）を有する、いわゆる、 $n$ 型の液晶材料である。 $\Delta\epsilon$ の絶対値の大きさは、用途により適宜設定できる。一般的には、駆動電圧を低下させる観点から、大きな絶対値を有することが好ましい。

【0043】電圧印加時の $d \cdot \Delta n$ （リタデーション）は、装置の透過率、視角特性など装置特性の重要な特性を左右する重要な要素である。本発明の表示モードでは、液晶材料固有の $\Delta n$ と液晶層厚 $d$ の積で決まる液晶セル固有のリタデーションを最適値に限定する必要は必ずしもない。

【0044】リタデーションの最適値（透過率最大になるファーストミニマム条件： $d \cdot \Delta n = 450 \text{ nm}$ ）よりも大きなリタデーション値を有する液晶表示装置の電圧透過率曲線を図9に示す。このような液晶表示装置については、相対透過率の最大点を越えた領域を使用する必要はなく、相対透過率が単調に増加する領域で液晶表示装置を駆動すればよい。すなわち、図9において、相対透過率が最大となる電圧を最大駆動電圧（ $V_{\max}$ ）と設定すればよい。

【0045】本発明においては、使用する最大駆動電圧でのリタデーションが重要である。リタデーションの範囲は、液晶セルを作製したときの液晶分子の見掛け上の $\Delta n$ （屈折率の異方性：最大駆動電圧での値）と液晶層の平均厚さ $d$ の積 $d \cdot \Delta n$ （リタデーション）が、約3

00~500nmであることが好ましい。透過率が極大となる点として、セカンドミニマム条件（リタデーション：1000~1400nm）存在するが、電圧無印加時の視角特性が劣るので、好ましくない。また、視角によって、印加電圧の大きさと透過率の関係が逆転する、いわゆる階調反転（コントラスト反転）現象を起こすので、好ましくない。

【0046】液晶層における液晶分子のツイスト角も液晶表示装置の透過率を決定する重要な要素のひとつである。本発明においては、リタデーションと同様に、最大駆動電圧におけるツイスト角が重要である。液晶表示装置の透過率は、原理的に、ツイスト角が90°と270°の場合に最大値を示す。しかし、270°ツイストの場合、軸対称配向を安定して作製するのが困難であるので、電圧透過率曲線において透過率が最大となる90°付近を使用するのが好ましい。具体的には、最大駆動電圧印加時のツイスト角が、45~110°である。本発明はn型の液晶分子を用いているので、液晶分子の見掛け上のツイスト角は電圧に依存する。電圧無印加時のツイスト角はほぼ0°で、電圧の増加に伴いツイスト角が増加し、十分な電圧を印加すると、液晶材料固有のツイスト角に近づく。

【0047】最大駆動電圧におけるツイスト角とリタデーションは、両者がともに好ましい範囲内にあるときに、さらに効果的に透過率を最大値に近づけることができるので、さらに好ましい。

【0048】（光硬化性樹脂）図5を参照しながら上述したように、本発明の液晶表示装置は、1/2Vth以上の電圧を常に印加することが好ましい。基板に対して垂直に配向した液晶分子に電圧を印加すると、液晶分子が倒れる方向が一義的に決定されない。その結果、過渡的に複数の中心軸が形成される現象が起こる。電圧を印加し続けると、凸部で規定された領域内に唯一の中心軸が形成され、1/2Vth以上の電圧を印加している限り、この状態は安定に存在する。

【0049】軸対称配向を安定化するための1/2Vth以上の電圧を印加状態で、予め液晶材料中に混合しておいた光硬化性樹脂を硬化させることによって、軸対称配向を安定化させることができる。光硬化性樹脂を硬化した後は、1/2Vth以上の電圧を取り除いても、複数の中心軸が形成されることなく、再現性よく、軸対称配向が形成される。

【0050】本発明で使用する光硬化性樹脂は、アクリレート系、メタアクリレート系、スチレン系、及びこれらの誘導体を使用することができる。これらの樹脂に光重合開始剤を添加することにより、より効率的に光硬化性樹脂を硬化させることができる。また、熱硬化性樹脂を用いることもできる。

【0051】硬化性樹脂の添加量は、材料により最適値が異なり本発明は特に限定しないが、樹脂含有量（液晶

材料を含む全体の重量に対する%)が約0.1~5%であることが好ましい。約0.1%より少ないと、軸対称配向状態を硬化した樹脂によって安定化することができず、約5%を越えると、垂直配向層の効果が阻害され、液晶分子が垂直配向からずれるので、透過率が上昇（光り抜け）し、電圧OFF時の黒状態が劣化する。

【0052】（位相差板）2枚の直交した偏光板間に、垂直配向した液晶材料を挟んだ場合、正面方向では、良好な黒状態が得られ高コントラストが得られる。しかし、視角を変化させて観察した場合、(i)偏光板の特性の視角依存性、および、(ii)液晶層のリタデーションの視角依存性（垂直に配向している液晶分子のリタデーションは方向によって変化する）に依存して、光漏れが観測されコントラスト比の低下が起こる。この現象は、偏光板の偏光軸から45°方向（方位角：基板面内方向）で顕著に表れる。この現象を抑制するためには、垂直に配向した液晶材料のリタデーションを小さくすることが効果的である。また、液晶セルと偏光板の間に、フリスビー型（表示面内方向の屈折率 $n_x, n_y$  > 表示面に垂直方向の屈折率 $n_z$ ）屈折率楕円体を有する位相差板を設置することが好ましい。この位相差板の位相差は、液晶材料固有の $\Delta n$ と液晶層厚さ $d$ との積で決まる液晶セル固有のリタデーション値より小さいことが好ましい。さらに好ましくは、上記液晶セル固有のリタデーションの約30~80%の値である。約30%以下では、位相差板の効果が小さく、約80%以上では広視角方向で色付きが大きくなり好ましくない。

【0053】（垂直配向層）液晶分子を垂直に配向させる表面を有していればよく、材料は、無機材料でも有機材料でもかまわない。例えば、ポリイミドタイプ（JALS-204（日本合成ゴム）、1211（日産化学））、無機系（EXP-OA003（日産化学工業））などが使用できる。

【0054】

【実施例】以下本発明の実施例を示すが、本発明は、これに限定されるものではない。

【0055】（実施例1）図10を参照しながら、本実施例の液晶表示装置の製造方法を説明する。表面に透明電極63（ITO：100nm）が形成された基板62上に、感光性ポリイミドを用いて、高さ約5 $\mu$ mのスパーサー65を絵素領域外に形成した。その後で、OMR83（東京応化社製）で高さ約3 $\mu$ mの凸部66を形成した。凸部66で包囲される領域、すなわち絵素領域の大きさは、100 $\mu$ m×100 $\mu$ mとした。その上に、JALS-204（日本合成ゴム）をスピンコートし、垂直配向層68を形成した。さらに、もう一方の基板の透明電極上にも同じ材料を用いて、垂直配向層を形成した（不図示）。両者を貼り合わせて液晶セルを完成させた。

【0056】作製したセル中に、n型液晶材料（ $\Delta \epsilon =$



−4.0、 $\Delta n=0.08$ 、セルギャップ $5\mu\text{m}$ で $90^\circ$ ツイストとなるように液晶材料固有のツイスト角を設定)を注入し、電圧を7V印加した。電圧印加直後、初期状態で、軸対称配向の配向軸が複数存在する状態となり、さらに、電圧印加状態を続けると絵素領域ごとに1つの軸対称配向領域(モノドメイン)が形成された。

【0057】液晶セルの両側に偏光板をクロスニコル状態になるように配置し、液晶表示装置を作製した。得られた液晶表示装置の構造は、垂直配向層68の断面形状が図10に示したようにすり鉢状となっていることを除けば、実質的に図4に示した液晶表示装置100と同様の構成を有している(偏光板は不図示)。垂直配向層68は、すり鉢状の断面形状を有しているため、その厚さの位置(絵素中央から周辺部に至る)による変化を示す曲線の微分係数は正であり、絵素領域内の液晶層厚さの変化を示す曲線の微分係数は負である。

【0058】実施例1のセルの軸対称配向は、 $1/2V_{th}$ 以上の電圧を印加している状態では安定で、電圧を $1/2V_{th}$ より低くすると軸対称配向の状態が崩れ、初期状態に戻ってしまう。再び電圧を印加すると初期の軸対称配向の中心軸が複数存在する状態を経て、絵素領域ごとに1つずつ中心軸を有する軸対称配向状態になった。この現象は、20回実施しても変化なかった。実施例1の液晶セルの電気光学特性を測定するために、 $1/2V_{th}$ 以上の電圧を印加して軸対称状態を形成した後で、電気光学特性の測定中は、軸対称配向が安定な電圧範囲( $1/2V_{th}$ 以上)で測定した。

【0059】得られた電気光学特性を図11に示す。図11から明らかなように、本発明による液晶表示装置は、OFF状態における透過率が低く、良好なコントラスト比( $CR=300:1$ 、5V)が得られた。また、視角特性は、図12に示すように、広い視角範囲において高いコントラスト比が得られた。図12において、 $\psi$ は方位角(表示面内の角度)、 $\theta$ は視角(表示面法線からの傾き角)で、ハッチングは、コントラスト比が10:1以上の領域を示す。

\*

\*【0060】(比較例1)比較例1では、図10における基板62の表面に形成された透明電極63上に、垂直配向層68を直接形成し、その後、実施例1と同様に感光性ポリイミドを用いてスペーサー65を形成した。すなわち、図10における凸部66を形成していない。得られた基板と、実施例1と同様にして形成された対向基板とを貼り合わせて液晶セルを作製した。この液晶セルの絵素領域内の液晶層厚さは一定であった。

【0061】この液晶セルに、実施例1と同じ材料を注入すると、液晶分子がランダム配向状態になり、ディスクリネーションラインが無秩序に形成された。この液晶セルに電圧を印加して観察したところ、中間調において、ざらつきのある表示がみられた。

【0062】(実施例2)実施例1の凸部66を有する基板62上の絵素領域の中央部に、レジスト材料(OMR83)を用いて、図13に示すように、突起部69を作製した。突起部69の幅は、絵素領域の幅の約10分の1以下であることが好ましい。絵素領域の幅の約10分の1を越えると、開口率が低下し、装置の光透過率が低下するので、好ましくない。突起部69を設けた以外は、実施例1と同様にして液晶セルを作製した。

【0063】液晶セルを観察した結果、軸対称配向の中心軸が突起部69の位置に形成され、中心軸がほとんど全ての絵素領域の中央に形成されている液晶表示装置が得られた。この液晶表示装置を種々の視角方向から観察したところ、ざらつきの無い表示が見られた。

【0064】(実施例3および4)実施例1の液晶表示装置のセルギャップ(液晶層の厚さ)を表1のように調節して、実施例3および4、比較例2および3の液晶表示装置を作製した。それぞれの液晶表示装置に用いる液晶材料は、それぞれのセルギャップにおいて、液晶材料固有のツイスト角が $90^\circ$ になるように、液晶材料中のカイラル剤(S-811:メルク社製)の添加量を調整した。

【0065】

【表1】

	実施例1	実施例3	実施例4	比較例2	比較例3
セルギャップd( $\mu\text{m}$ )	5	4.4	5.6	3.1	6.5
$V_{max}$ における $d \cdot \Delta n(\text{nm})$	400	352	448	248	520
$V_{max}$ における透過率(%)*	70	58	73	39	72**

\* パラレルニコル状態の透過率を100%とした相対値

\*\* 最大透過率で測定

リタデーションが520nmの比較例3の液晶セルにおいて、 $d \cdot \Delta n = 520\text{nm}$ まで電圧を印加すると透過率の低下をもたらす、中間階調表示において、コントラストの反転現象が見られた(図9の $V_{max}$ を越える現象)。また、リタデーションが300nmより小さい比較例2の液晶表示装置では、透過率が低かった。表1に示した実験結果から、液晶材料の $\Delta n$ (複屈折率:最大

駆動電圧での値)と液晶層の平均厚さdとの積 $d \cdot \Delta n$ (リタデーション)が、約300~500nmの範囲であることが好ましいことが分かる。

【0066】(実施例5および6)実施例1の液晶表示装置の液晶材料中のカイラル剤(S-811:メルク社製)の添加量を調整して、表2に示すツイスト角の異なる液晶表示装置(実施例5および6、比較例4および

5) を作製した。液晶表示装置の電気光学特性の測定には、それぞれの液晶表示装置の透過率が最大になる電圧を印加した。

\* 【0067】  
【表2】

\*

	実施例1	実施例5	実施例6	比較例4	比較例5
ツイスト角(°)	90	50	110	30	120
V <sub>max</sub> における透過率(%)*	70	41	50**	35	35**

\* パラレルニコル状態の透過率を100%とした相対値

\*\* 透過率が最大となる電圧以上の電圧を印加するとコントラストの反転現象が起こる。

【0068】表2の結果から、最大駆動電圧印加時のツイスト角が、45～110°であることが好ましい。

【0069】(実施例7) 実施例1の液晶表示装置の一方に、プリスビー型の屈折率楕円体を有する位相差板( $n_x = n_y$ 、 $n_x - n_z$ に起因するリターデーション150nm)を設置した。この液晶表示装置の視角特性を測定した結果を図14に示す。図14から明らかに、実施例7の液晶表示装置の視角特性は、実施例1の液晶表示装置の視角特性(図12)よりも、さらに広視野角化されていることが分かる。

【0070】(実施例8) 本実施例においては、予め液晶材料中に混合しておいた光硬化性樹脂を硬化させることによって、液晶分子の軸対称配向を安定化させる方法について説明する。

【0071】実施例8による液晶表示装置の模式的な部分断面図を図15に示す。

【0072】液晶表示装置200は、一对の基板82と84の間に、誘電異方性( $\Delta\epsilon$ )が負(n型)の液晶分子92からなる液晶層80が挟持されている。一对の基板82と84の液晶層80に接する表面には、垂直配向層88a及び88bが形成されている。また、一对の基板82と84の少なくとも一方の液晶層80側の面には、凸部86が形成されている。この凸部86によって、液晶層80は、2種類の異なる厚さを有する。その結果、前述したように、電圧印加時に軸対称配向を呈する液晶領域が、凸部86によって包囲される領域に規定される。なお、図15において、液晶層80に電圧を印加するために、一对の基板82と84に形成されている電極は省略してある。ここまでの構成は、実施例1の液晶表示装置100と同じである。本実施例の液晶表示装置200は、垂直配向層88aおよび88bの上に、軸対称配向固定層90aおよび90bが形成されている。この軸対称配向固定層90aおよび90bによって、絵素領域内の液晶分子は電圧無印加時においても、軸対称配向を保持することができる。その結果、本実施例の液晶表示装置を駆動する際に、1/2V<sub>th</sub>より低い電圧を※

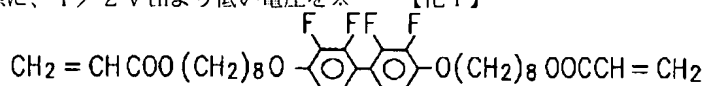
※印加(電圧無印加)しても、再現性よく、図5に示した電気光学特性を呈する。軸対称配向固定層90aおよび90bは、液晶層に1/2V<sub>th</sub>以上の電圧を印加した状態で、予め液晶材料中に混合しておいた硬化性樹脂を硬化することによって、液晶分子の軸対称配向(プレチルト)を保持する軸対称配向固定層90aおよび90bが形成される。以下に、さらに詳細に説明する。

【0073】実施例1と同様にして、図10に示す断面構造を有する基板を作製した。透明電極63(ITO: 100nm)付き基板上に、感光性ポリイミドで高さ約5μmのスペーサー65を絵素領域外に形成した。その上に、OMR83(東京応化社製)で高さ約2.5μmの凸部66を形成した(絵素領域の大きさ100μm×100μm)。その上に、垂直配向層68(JALS-204: 日本合成ゴム)をスピンコートした。もう一方の基板上にも、実施例1と同様に、同じ垂直配向層を塗布し、両者を貼り合わせて液晶セルを完成させた。この液晶セルは、実施例1の液晶セルと実質的に同等である。

【0074】本実施例では、作製した液晶セル中に、n型液晶材料( $\Delta\epsilon = -4.0$ 、 $\Delta n = 0.08$ 、カイラル角5μmで90°に設定)、光硬化性樹脂として、下記(化1)で示す化合物A0.3wt%、Irgacur6510.1wt%の混合物を注入した。注入後、5Vの電圧を印加し、軸対称配向を形成した。軸対称配向領域は、凸部66で包囲された絵素領域内に形成され、中心軸は絵素の中央部に形成された。その後、閾値電圧2.0Vより0.5V高い電圧を印加しながら、室温(25℃)で10分間、紫外線照射(365nmにおける強度: 6mW/cm<sup>2</sup>)を行い、混合物中の光硬化性樹脂を硬化させた。その結果、図16に示すように、両基板の垂直配向層を覆うように、軸対称配向固定層92aが形成された。対向基板にも図15の90bに相当する軸対称配向固定層(不図示)が形成された。

【0075】

【化1】



【0076】実施例8の液晶セルの軸対称配向は、液晶 50 層への印加電圧が1/2V<sub>th</sub>未満となっても、液晶分子

は完全な垂直配向状態に戻らず、軸対称配向におけるプレチルト状態が軸対称配向固定層 92a によって保持されていると考えられる。その結果、一旦、軸対称配向固定層 92a および 92b が形成された後は、液晶層を電圧無印加状態とした後に再度、 $1/2 V_{th}$  以上の電圧を印加しても、軸対称配向の中心軸が絵素領域内に複数存在する現象は現れず、垂直配向状態（黒状態）と軸対称配向状態（白状態）とを可逆的に電気的に制御することが可能となった。実施例 8 の液晶表示装置の液晶分子は、電圧無印加状態において軸対称配向固定層 92a によって、プレチルト角が与えられているが、垂直配向からのずれは、僅かであり、OFF 時の黒レベルは、実質的に実施例 1 の液晶表示装置と同等であり、電気光学特性および視角特性は、それぞれ、図 11 および図 12 と同じであった。なお、本実施例では、光硬化性樹脂を用いたが、熱硬化性樹脂を用いることもできる。

【0077】また、実施例 7 と同様に、フリスビー型の\*

比較例 6 実施例 8 実施例 9 実施例 10 比較例 7

化合物 A の含有量 (wt%)	0.05	0.3	0.1	2	6
OFF 時の透過率 (%)	0.03	0.06	0.04	0.1	3.2
軸対称配向の固定	×	○	○	○	○

【0080】

【発明の効果】本発明によると、電圧無印加時に液晶分子が垂直に配向し、電圧印加時に絵素毎に液晶分子が軸対称配向した液晶領域を有する、視角特性の優れた高コントラストの液晶表示装置及びその製造方法が提供される。本発明の液晶表示装置は、パーソナルコンピュータ、ワープロ、アミューズメント機器、テレビジョン装置などの平面ディスプレイやシャッタ効果を利用した表示板、窓、扉、壁などに好適に用いられる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】従来例の広視野角型液晶表示装置の平面図である。

【図 2】図 1 の E-E' 線に沿った断面図である。

【図 3】図 1 の液晶表示装置の製造方法を説明するための模式図である。

【図 4】本発明の液晶表示装置 100 の動作原理を説明する図である。(a) 及び (b) は、電圧無印加時の、(c) 及び (d) は、電圧印加時の状態を示し、(a) 及び (c) は断面図、(b) 及び (d) は上面をクロスニコル状態の偏光顕微鏡で観察した結果を示す。

【図 5】液晶表示装置 100 の電圧透過率曲線を示す図である。

【図 6】軸対称配向領域の中心軸の位置と表示品質との関係を説明するための図である。

【図 7】本発明の液晶表示装置の液晶層の厚さ d in

\* 屈折率楕円体を有する位相差板を設けることにより、図 14 に示したように、さらに広視野角化された視角特性をえることができる。上記位相差板を設けることによって、偏光板の偏光軸から  $45^\circ$  方向の視角特性が特に改善される。

【0078】（実施例 9 および 10）実施例 8 のセルに、化合物 A の含有量のみを変化させた混合物を注入し、実施例 8 と同様にして、実施例 9、10 および比較例 6、7 の液晶表示装置を作製した。作製の結果、光硬化性樹脂の含有量が約 0.1 重量% より低いと、比較例 6 に示したように、軸対称配向の固定を効果的に行うことができず、約 6 重量% 以上では、液晶分子の垂直配向が阻害され、OFF 時の光漏れが大きくなる。したがって、光硬化性樹脂の含有量は、約 0.1 重量% ～ 約 6 重量% の間にあることが好ましい。

【0079】

【表 3】

(x) を説明する模式的な断面図である。

【図 8】本発明の液晶表示装置の絵素領域を模式的に示した断面図である。

【図 9】 $d \cdot \Delta n = 450 \text{ nm}$  の液晶層を有する液晶表示装置の電圧透過率曲線を示す図である。

【図 10】実施例 1 の液晶表示装置の部分断面図である。

【図 11】実施例 1 の液晶表示装置の電気光学特性を示す図である。

【図 12】実施例 1 の液晶表示装置の視角特性を示す図である。

【図 13】実施例 2 の液晶表示装置に用いられる基板の部分断面図である。

【図 14】実施例 7 の液晶表示装置の視角特性を示す図である。

【図 15】実施例 8 の液晶表示装置の模式的な部分断面図である。

【図 16】実施例 8 の液晶表示装置に用いられる基板の部分断面図である。

【符号の説明】

100 液晶表示装置

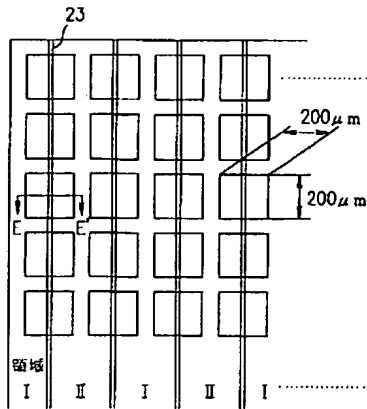
32、34 基板

38a、38b 垂直配向層

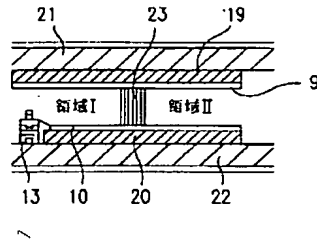
40 液晶層

42 液晶分子

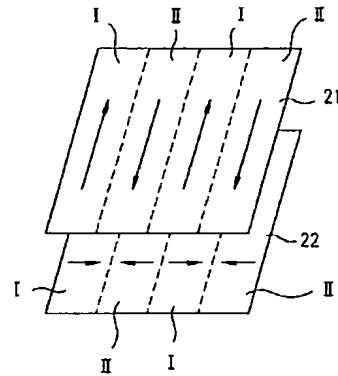
【図1】



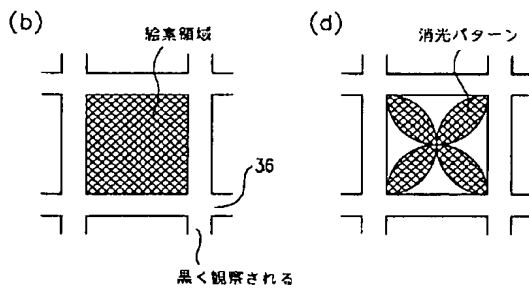
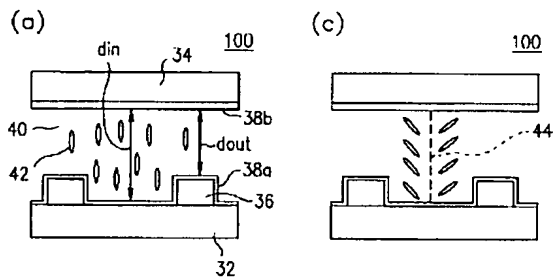
【図2】



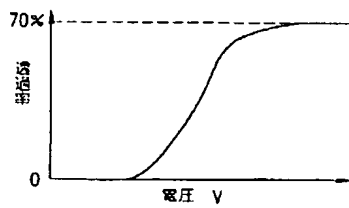
【図3】



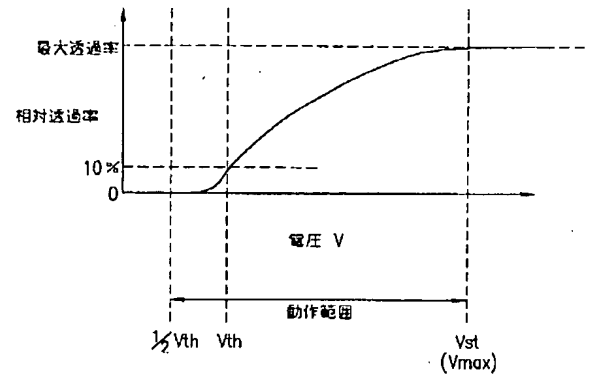
【図4】



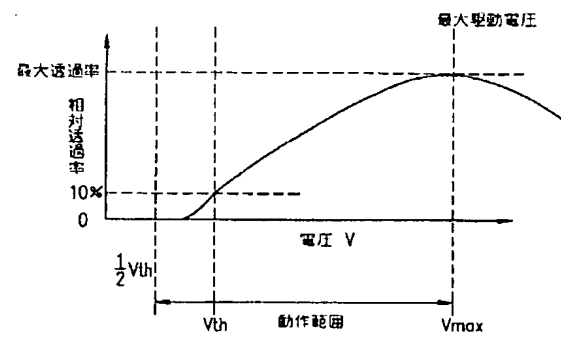
【図11】



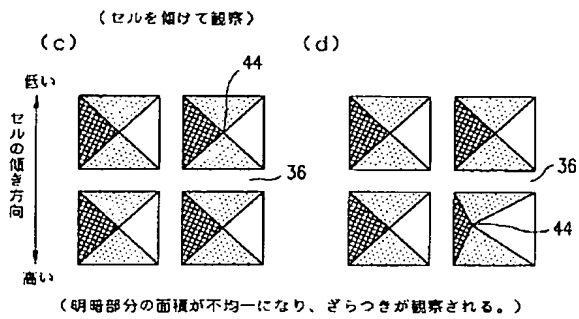
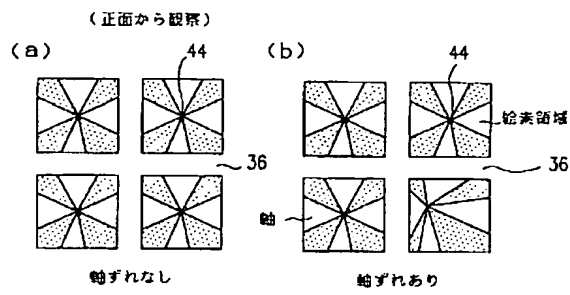
【図5】



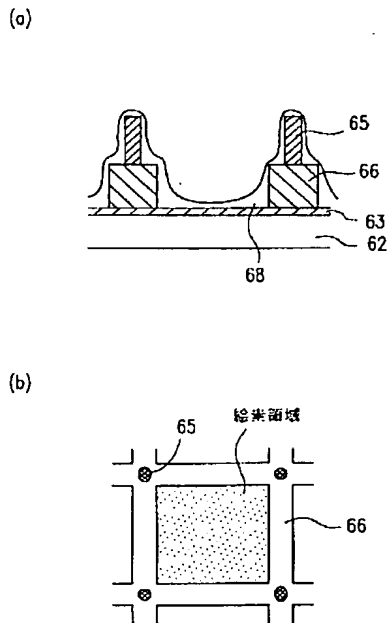
【図9】



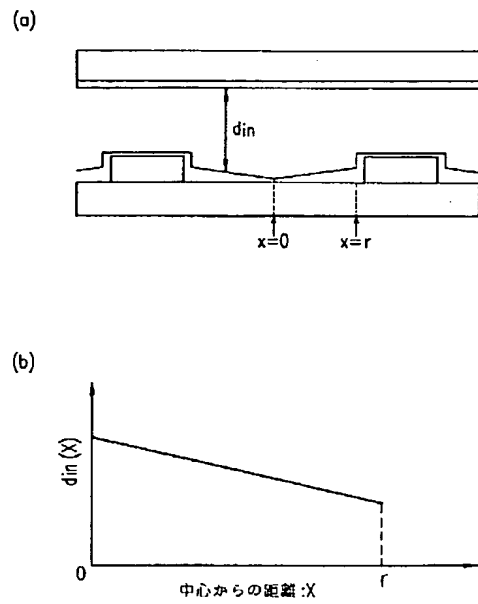
【図 6】



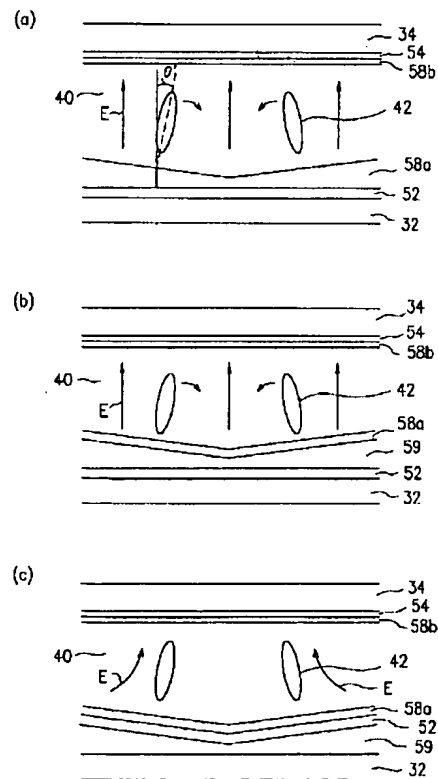
【図 10】



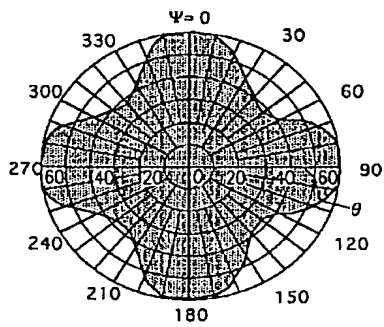
【図 7】



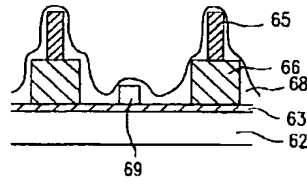
【図 8】



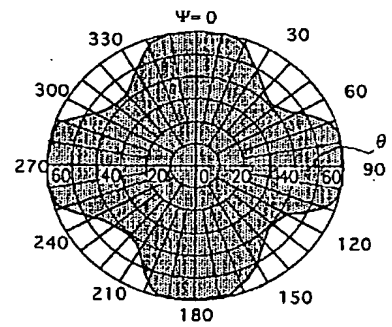
【図12】



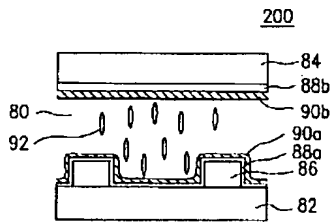
【図13】



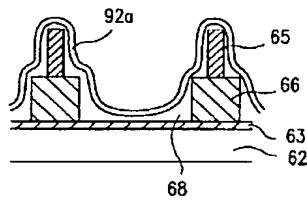
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 神崎 修一  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

(72)発明者 足立 貴子  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内